

УДК 004.652.4

СВЯЗИ ТРЕТЬЕГО ПОРЯДКА: СЕМАНТИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ И ЛОГИЧЕСКИ КОРРЕКТНЫЕ АЛЬТЕРНАТИВЫ

А.А. Полтавцев

N-арные отношения наиболее адекватно отражают семантику прикладного домена, но порождают проблемы для адекватной реализации их в реляционной базе данных [1, 2]. Дело в том, что в соответствии с требованием реляционной модели при переходе от семантического описания к логической модели базы данных требуется представить N-арную связь семантической модели в виде набора бинарных связей и сущностей. Однако в N-арном отношении мы получаем не одну, как в экземпляре бинарной связи, а несколько пар сущностей, и эти пары взаимно пересекаются и наследуются.

Основой исследования N-арных отношений может служить анализ тернарных ($N = 3$) отношений. Результаты анализа с достаточной глубиной могут продемонстрировать противоречия между кардинальностью и декомпозицией отношения.

Кардинальность тернарного отношения может быть определена исходя из форм его представления: $1:1:1$, $1:1:M$, $1:M:N$, $M:N:P$ (M , N , P – число входящих в отношение объектов, или сущностей). Ограничение кардинальности сущности в тернарном отношении определяется парой сущностей, связанных с этой (единственной) сущностью. Например, в тернарном отношении $R(X, Y, Z)$ с кардинальностью $M:N:1$ для каждой пары экземпляров (X, Y) есть только один экземпляр Z ; но для каждой пары экземпляров (X, Z) существует N экземпляров Y ; для каждой пары (Y, Z) есть MX .

Рассмотрим тернарное отношение между сущностями «Преподаватели» (Teacher), «Курсы» (Course) и «Разделы» (Section). Пусть отношение имеет кардинальность $M:1:N$, соответственно и моделирует разделы, связанные с преподавателями курсов, которые в настоящее время их читают.

Наложим ограничение (A): конкретный преподаватель может вести только один курс (что не определено тернарным отношением). Пусть в модели существует также связь (B) между преподавателем и курсом, отражающая правило «курсы, которые преподаватель способен читать». Моделирование данной ситуации представлено на рис. 1.

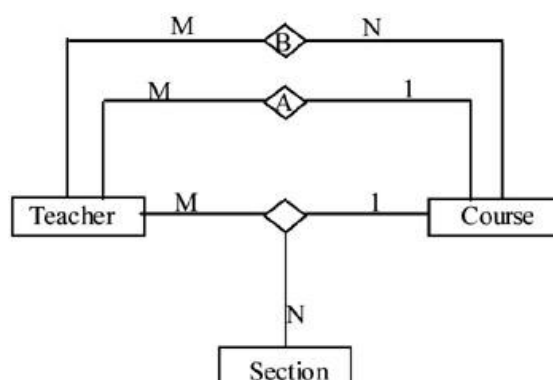


Рис. 1. Семантические связи сущностей

Бинарная связь (A) между преподавателем и курсом ограничивает потенциальные комбинации экземпляров (троек) тернарного отношения и является семантически связанной с ним. Бинарная связь (B) не ограничивает экземпляры тернарного отношения, следовательно, существует независимо от тернарной связи, в которой участвуют связываемые ею сущности.

Наличие бинарной связи типа (A) порождает проблемы отображения приведенной схемы в реляционную модель. Как известно, первые три нормальные формы имеют дело с функциональными зависимостями (FD). Минимальный детерминант для тернарных отношений должен быть по меньшей мере конкатенацией идентификаторов двух сущностей. Поэтому бинарная функциональная зависимость может только идентифицировать ограничение существования в пределах тернарной структуры.

Данная работа посвящена выявлению тех характеристик, при которых возможно провести декомпозицию тернарных отношений в бинарные, выполняемую без потерь (losslessly) и с сохранением функциональных зависимостей.

Рассмотрим сначала тернарное отношение 1:1:1. Тернарная связь естественным образом порождает бинарные связи между ее участниками. В данном примере все бинарные связи имеют тип 1:1.

Пусть каждая сущность имеет по одному экземпляру. Тогда существует единственный вариант (X1:Y1:Z1). Если каждая сущность имеет по два экземпляра, то допустимы только две комбинации: {(X1:Y1:Z1), (X2:Y2:Z2)}. Поскольку связь 1:1:1, то для пары (X1, Y1) есть единственный экземпляр Z1; для пары (X1, Z1) – единственный экземпляр Y1; для пары (Y1, Z1) – единственный экземпляр X1 и т. д.

Однако когда число экземпляров каждой сущности увеличивается хотя бы до трех, то ситуация кардинально меняется. Например, следующий набор экземпляров отвечает требованию 1:1:1: {(X1:Y1:Z1), (X2:Y2:Z2), (X1:Y2:Z3)}. В экземпляре набора бинарное отношение между X и Y имеет кардинальность M:N. Отношения X:Z и Y:Z имеют кардинальность 1:M. В то же время тернарное отношение имеет кардинальность 1:1:1. Таким образом, с ростом количества экземпляров все бинарные отношения принимают тип M:N. Например, тернарное 1:1:1 отношение с экземплярами {(X1:Y1:Z1), (X2:Y2:Z2), (X1:Y2:Z3), (X4:Y4:Z3)} определяет все бинарные связи как связи M:N (рис. 2).

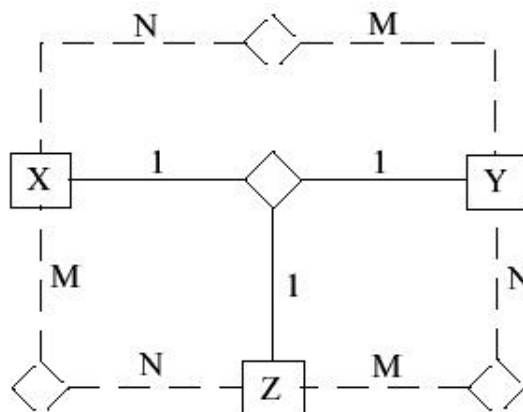


Рис. 2. Порождаемые бинарные связи в тернарном отношении

Таким образом, ограничение кардинальности тернарной (N-арной) связи определяет только комбинации троек (N-к) и не задает значений кардинальности соответствующих бинарных связей.

Поскольку при проектировании базы данных число возможных экземпляров каждой сущности не учитывается, то все бинарные связи, порождаемые тернарной связью 1:1:1 (т. е. связи, на которые она должна быть заменена при переходе к логической модели), должны рассматриваться как связи «многие-ко-многим».

Поскольку любая тернарная связь, отличная от 1:1:1, является менее ограничивающей, чем 1:1:1, понятно, что при отображении тернарной (и любой N-арной) связи в логическую модель все соответствующие бинарные связи должны рассматриваться как «многие-ко-многим» (при условии, что нет никаких дополнительных явных ограничений на количество экземпляров, которые могут иметь место).

Из этого следует, что тернарная (и вообще N-арная) связь без дополнительных ограничений не имеет эквивалентной ей декомпозиции в бинарные структуры. Таким образом, представление бинарными связями может иметь место только в определенных ситуациях.

Рассмотрим тернарное отношение $R(X, Y, Z)$ с кардинальностью $M:N:P$. Минимальный набор кортежей, отвечающий требованию тернарного отношения $M:N:P$: $(X1:Y1:Z1)$, $(X1:Y1:Z2)$, $(X1:Y2:Z1)$, $(X2:Y1:Z1)$.

Пусть теперь между объектами X и Z наложено бинарное отношение 1:1. Анализируя набор экземпляров, видим, что требования тернарного отношения находятся в конфликте с требованиями наложенного бинарного отношения. Тернарная связь требует, чтобы для пары $(X1:Y1)$ экземпляров существовало несколько экземпляров Z . Отсюда следует, что отдельно и для связи $X \rightarrow Z$, и для связи $Y \rightarrow Z$ кардинальность должна быть 1:M. Это, соответственно, противоречит бинарному 1:1 соотношению между X и Z .

Другой вариант. Возможно ли, имея тернарное 1:M:N отношение $(X:Y:Z)$, сделать вывод, что между X и Y существует бинарное отношение M:1? Тернарное отношение 1:M:N может быть представлено минимально следующим набором экземпляров: $(X1:Y1:Z1)$, $(X2:Y1:Z2)$.

Поскольку количество элементов для представления 1:M:N минимально, мы не можем удалить ни одного кортежа. Отношение $X \rightarrow Y$ имеет кардинальность 1:M; но введение бинарной связи требует, чтобы отношение между X и Y было M:1. Выведение бинарной связи отвергается, потому что требование единственного экземпляра Y для каждого экземпляра X уже нарушено в процессе конструирования тернарного отношения. Иными словами, количество элементов объекта Y в тернарном отношении не может быть уменьшено, чтобы оправдать выведение бинарной связи. Наложённые бинарные отношения находятся в конфликте с неявными требованиями тернарных отношений.

Таким образом, при наличии любой тернарной связи не могут быть наложены бинарные отношения, где бинарное количество элементов для любого определенного объекта меньше, чем количество элементов, определенное тернарным отношением. В цитируемой работе это правило названо *разрешением на явные бинарные связи* (Explicit Binary Permission).

Рассмотрим, какие могут быть введены не нарушающие ЕВР бинарные связи между сущностями, участвующими в тернарной связи.

Пусть тернарное отношение имеет кардинальность 1:1:1. Выше показано, что любые бинарные связи в пределах этого тернарного отношения следует рассматривать как M:N. Поэтому, чтобы наложить бинарную связь между объектами, например X и Y , как 1:1, необходимо ограничить число возможных комбинаций экземпляров дополнительно к тем, которые следуют из спецификации (1:1) бинарной связи. Следующий набор экземпляров отвечает спецификации 1:1:1 тернарной связи: $(X1:Y1:Z1)$, $(X2:Y2:Z2)$.

Если добавить кортеж $(X1, Y2, Z3)$, то наложенное бинарное требование $X \rightarrow Y$ 1:1 не будет выполняться. Следовательно, эта комбинация экземпляров должна быть отвергнута. Таким образом, кардинальность отношения между данными

двумя объектами контролируется бинарным отношением, и правило (M:N) неприменимо.

Необходимо добавить дополнительное правило (встроенной бинарной отмены): при наличии комбинации бинарных и тернарного отношения кардинальность связи между двумя объектами определяется кардинальностью бинарной связи.

Вывод: тернарное отношение любой кардинальности может быть без потерь декомпозировано к двум бинарным отношениям при условии, что по крайней мере одно 1:1 или 1:M ограничение явно наложено между любыми двумя из участвующих в тернарном отношении объектами. Из правила, в частности, следует, что тернарные связи любой кардинальности, кроме M:N:P, имеют потенциальные потери при декомпозиции (таблица).

Анализ возможных вариантов декомпозиции тернарных отношений

№	Тернарная кардинальность (X:Y:Z)	Бинарная связь	Декомпозиция без потерь
1	1:1:1	(X:Y) = (M:1)	(XY)(XZ)
2	1:1:1	(X:Y) = (1:1)	(XY)(XZ) -or- (XY)(YZ)
3	1:1:1	(X:Y) = (M:1) (Z:Y) = (M:1)	(XY)(XZ) -or- (XZ)(ZY)
4	1:1:1	(X:Y) = (M:1) (X:Z) = (1:1)	(XY)(XZ) -or- (XZ)(ZY)
5	M:1:1	(X:Y) = (M:1)	(XY)(XZ)
6	M:1:1	(Y:Z) = (M:1)	(XY)(YZ)
7	M:1:1	(Y:Z) = (1:1)	(XY)(YZ) -or- (XZ)(ZY)
8	M:1:1	(X:Y) = (M:1) (Y:Z) = (1:1)	(XY)(YZ) -or- (XZ)(ZY) -or- (XY)(XZ)
9	M:1:1	(X:Y) = (M:1) (Y:Z) = (1:M)	(XZ)(ZY) -or- (XY)(XZ)
10	M:N:1	(X:Z) = (M:1)	(XY)(XZ)
11	M:N:1	(X:Z) = (M:1) (Y:Z) = (M:1)	(XY)(XZ) -or- (XY)(YZ)
12	M:N:P	Недопустима	Отсутствует

Библиографический список

1. Jones, T. Analysis of binary/ternary cardinality combinations in entity-relationship modeling / T. Jones, I.Y. Song // Data and Knowledge Engineering, 1996. N 19. P 39–64.
2. Полтавцева, М.А. Хранение сложных структур данных в реляционной базе данных / М.А. Полтавцева / Тверь: ТвГТУ, 2013. 184 с.